
Analisis *Crashing* Pelaksanaan Pekerjaan Berulang pada Proyek Perumahan dengan Metode LoB (*Line of Balance*) Studi Kasus Perumahan Bumi Podo Rukun

Indah Fadjarwati^{1*}, Wateno Oetomo² dan Herry Widhiarto³

^{1,2,3} Magister Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas 17 Agustus 1945 Surabaya

^{1,2,3}E-mail: indahfadjarwati@gmail.com

Abstract

Housing construction is a recurring and sustainable job. So if the scheduling does not take into account the character of this work then the repetitive work unit will experience a delay (lag). So that it will result in the duration of the project. To overcome this, an uninterrupted scheduling method is needed from one unit to the next. The scheduling method that matches this type of repetitive work is the Line of Balance (LoB) because each activity / activity is described in a straight line and the speed of work can be changed according to needs. This is to avoid the occurrence of crashes / conflicts between activities. This method can also minimize the delay time as mentioned above. But this method cannot show dependency between critical activities and the other activities. For this reason, another method is needed in order to fill this gap. The suitable method is CPM through Microsoft Project. This combination of methods besides managing the time of project implementation also regulates human resources, namely by maximizing the allocation of human resources. Because in this multi-unit project the quantity of work is the main thing. From some analysis calculations, the results obtained that the addition of buffers with productivity speed smoothing, and the acceleration of the duration of the activity more effective to accelerate the implementation time of the project with a duration of 154 days.

Keywords: *Line of Balance, LoB Method*

Abstrak

Pembangunan perumahan adalah pekerjaan berulang dan berkelanjutan. Jadi apabila penjadwalannya tidak memperhitungkan karakter dari pekerjaan ini maka unit pekerjaan berulang tersebut akan mengalami penundaan (lag). Sehingga akan berakibat pada lamanya durasi pelaksanaan proyek. Untuk mengatasinya diperlukan metode penjadwalan yang tidak terputus dari satu unit ke unit berikutnya. Metode penjadwalan yang cocok dengan tipe pekerjaan berulang ini adalah Line of Balance (LoB) karena setiap aktivitas/kegiatan digambarkan dengan satu garis lurus dan kecepatan pekerjaan dapat diubah sesuai dengan kebutuhan. Hal ini untuk menghindari terjadinya crash/conflict antar aktivitas. Metode ini juga dapat meminimalisasi waktu penundaan seperti yang disebutkan diatas. Namun metode ini tidak dapat menunjukkan ketergantungan antar kegiatan dan kegiatan kritis. Untuk itu perlu metode lain agar dapat mengisi kekurangan tersebut. Metode yang cocok adalah CPM melalui Microsoft Project. Gabungan metode ini selain mengatur waktu pelaksanaan proyek juga mengatur sumber daya manusia, yakni dengan memaksimalkan alokasi sumber daya manusia. Karena pada proyek multiunit ini kuantitas pekerjaan merupakan hal yang utama. Dari beberapa perhitungan analisis maka diperoleh hasil bahwa penambahan buffer dengan perataan kecepatan produktivitas, dan percepatan durasi waktu kegiatan lebih efektif untuk mempercepat waktu pelaksanaan proyek dengan durasi 154 hari.

Kata kunci: *Line of Balance, LoB Method*

*Corresponding Author's email: indahfadjarwati@gmail.com

1. PENDAHULUAN

Latar Belakang

Pembangunan perumahan adalah pekerjaan berulang dan berkelanjutan. Jadi apabila penjadwalannya tidak memperhitungkan karakter dari pekerjaan ini maka unit pekerjaan berulang tersebut akan mengalami penundaan (*lag*). Akibatnya akan berpengaruh pada lamanya durasi pelaksanaan proyek. Untuk mengatasinya diperlukan metode penjadwalan yang tidak terputus dari satu unit ke unit berikutnya. Metode penjadwalan yang cocok dengan tipe pekerjaan berulang ini adalah Line of Balance (LoB) karena setiap aktivitas/kegiatan digambarkan dengan satu garis lurus dan kecepatan pekerjaan dapat diubah sesuai dengan kebutuhan untuk menghindari terjadinya *crash/conflict* antar aktivitas. Metode ini juga dapat meminimalisasi waktu penundaan seperti yang disebutkan diatas. Namun metode ini tidak dapat menunjukkan ketergantungan antar kegiatan dan kegiatan kritis. Untuk itu perlu metode lain agar dapat mengisi kekurangan tersebut. Metode yang cocok adalah CPM melalui *Microsoft Project*.

Gabungan metode ini, selain mengatur waktu pelaksanaan proyek, juga mengatur sumber daya manusia, yakni dengan memaksimalkan alokasi sumber daya manusia. Karena pada proyek multiunit ini kuantitas pekerjaan adalah hal yang utama. Adapun obyek penelitian yang diambil adalah Perumahan Bumi Podo Rukun dengan luas 4,2 Ha. Jumlah unit yang akan dibangun total berjumlah 421 unit. Pemilihan obyek ini disesuaikan dengan latar belakang diatas yaitu perumahan MBR yang merupakan sasaran pemerintah dalam memenuhi kebutuhan rumah untuk masyarakat berpenghasilan rendah. Mengingat Perumahan ini pada tahap awal akan membangun Unit Rumah Blok A 85 unit. Maka penelitian ini akan mengambil data Pelaksanaan pembangunan pada Blok ini.

Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Mendapatkan penjadwalan yang tepat dengan menentukan waktu start dan finish tiap aktivitas yang dihasilkan dari penggabungan CPM melalui *Microsoft Project* dan metode LoB (*Line of Balance*)
2. Mengetahui durasi *crashing project* melalui analisis
 - a. penambahan *buffer*
 - b. penambahan *buffer* dengan perataan kecepatan produktivitas
 - c. penambahan *buffer* dengan perataan kecepatan produktivitas, dan percepatan durasi waktu kegiatan

Pengelolaan Waktu dan Biaya

Pengelolaan waktu meliputi perencanaan, penyusunan & pengendalian jadwal. Salah satu teknik yang spesifik untuk maksud tersebut adalah mengelola

float/slack pada jaringan kerja serta konsep cadangan waktu/estimasi durasi yang diperkenankan (PMBOK, 2004:2).

Percepatan/*Crashing* Pelaksanaan Proyek

Percepatan pelaksanaan proyek adalah usaha menyelesaikan proyek lebih awal dari waktu penyelesaian normal. Proses mempercepat kurun waktu tersebut disebut *crash* program. Durasi *crashing* maksimum suatu aktivitas adalah durasi tersingkat untuk menyelesaikan suatu aktivitas yang secara teknis masih mungkin dengan asumsi sumber daya bukan merupakan hambatan (Iman Soeharto, 1997).

Ariany Frederika (2010:5) menyatakan durasi percepatan maksimum dibatasi oleh luas proyek atau lokasi kerja, namun ada empat faktor yang dapat dioptimumkan untuk melaksanakan percepatan pada suatu aktivitas yaitu meliputi penambahan jumlah tenaga kerja, penjadwalan kerja lembur, penggunaan peralatan berat dan pengubahan metode konstruksi di lapangan.

Ada empat langkah pada *Project Crashing*, yaitu:

1. Tentukan *critical path* normal dan identifikasi aktivitas kritis
2. Hitung *crash cost* per periode untuk seluruh aktivitas dalam jaringan proyek

$$Crash\ cost = \frac{crash\ cost - normal\ cost}{normal\ time - crash\ time}$$

3. Pilih aktivitas jalur kritis yang memiliki *crash cost*/periode minimum.
4. Apakah aktivitas yang dipercepat merupakan aktivitas kritis. Karena seringkali percepatan pada jalur kritis menyebabkan jalur lain yang tidak kritis menjadi jalur kritis. Apabila jalur kritis tersebut masih merupakan jalur terpanjang, maka ulangi langkah 3, jika tidak tentukan jalur kritis baru & ulangi langkah 3. (Triana D, 2004)

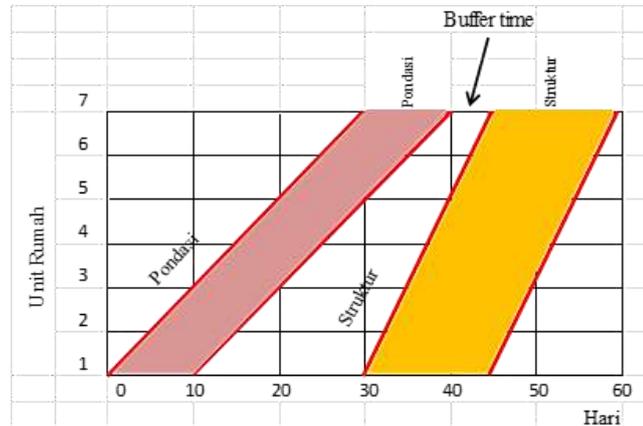
Selanjutnya menurut Wulfram I. Ervianto (2004:56) terdapat berbagai cara untuk mereduksi durasi dari suatu proyek, yaitu:

- a. Dengan mengadakan shift pekerjaan
- b. Dengan memanjang waktu kerja (lembur)
- c. Dengan menggunakan alat bantu yang lebih produktif
- d. Menambah jumlah pekerja
- e. Dengan menggunakan material yang dapat lebih cepat pemasangannya
- f. Menggunakan metode konstruksi lain yang lebih cepat.

Metode LoB

Metode LoB dikenal efektif digunakan pada proyek konstruksi multiunit yang banyak melakukan pekerjaan berulang terutama pada proyek dengan jumlah pekerjaan yang relatif sedikit dan durasi item pekerjaan yang relatif seragam dan tidak cocok untuk proyek non-repetitif (arditlal et al. 2002).

Waktu penyangga (*buffer time*) dapat diartikan jarak atau waktu di antara dua aktifitas. Waktu penyangga (*buffer time*) dapat mempengaruhi mulainya dan berakhirnya suatu aktivitas (Callahan, M.T, 1999).



Gambar 1 Buffer Time

Microsoft Project

Microsoft Project dalam Feriana Rahmadhani (2009), adalah program pengolahan lembar kerja untuk manajemen proyek, pencarian data, serta pembuatan grafik. Kegiatan manajemen berupa suatu proses kegiatan yang akan mengubah *input* menjadi output sesuai tujuan. Beberapa jenis metode manajemen proyek yang dikenal saat ini, antara lain PERT (*Program Evaluation Review Technique*), CPM (*Critical Path Method*), dan *Gantt Chart*. *Microsoft project* adalah penggabungan dari ketiganya.

Metode LoB – Network Planning dengan Microsoft Project

Metode LoB dengan kombinasi metode Network sangat efektif digunakan pada proyek yang cukup besar karena metode ini membantu memonitor kemajuan beberapa kegiatan tertentu yang berada pada suatu penjadwalan keseluruhan proyek. Metode penjadwalan linier dapat memberikan informasi tentang kemajuan proyek yang tidak dapat ditampilkan oleh metode Network (Husein, 2008:137). Berikut merupakan Langkah-langkah membuat diagram LoB:

1. Menambahkan *buffer time* pada semua kegiatan, dimana penambahan *buffer time* bertujuan untuk mengantisipasi keterlambatan
2. Menghitung kebutuhan jumlah kelompok kerja untuk masing-masing aktivitas kerja
3. Menghitung *rate* (kecepatan produksi) dan jumlah kelompok kerja minimal yang dibutuhkan untuk mengerjakan seluruh unit rumah

$$R_i = \frac{N - 1}{T_N - T_1 + TF_i}$$

Keterangan:

- N = Total unit
 Ri = Desired rate
 TN = Waktu penyelesaian unit terakhir
 T₁ = Waktu penyelesaian unit pertama
 TF_i = *Total float*

4. Menghitung kebutuhan kelompok/grup dari setiap aktivitas dan kecepatan produksi dalam grup tersebut untuk menyelesaikan setiap aktivitas pada keseluruhan kegiatan proyek

$$D_i(\text{days}) = \frac{\text{manhours of activity in one unit}}{\text{manhours per day}}$$

$$C_i = D_i \times R_i$$

$$Ca_i = \text{Round Up}(C_i)$$

Dimana $Ca_i \leq N$ (jumlah unit)

$$Ra_i = \frac{Ca_i}{D_i}$$

Keterangan:

- D_i = Durasi
 C_i = *Required crews*
 Ca_i = *Actual crews*
 Ra_i = *Actual rate*

5. Menghitung posisi start dan finish dari masing-masing aktifitas/kegiatan kerja untuk menghindari terjadinya crash antar aktifitas akibat durasi yang berbeda

- a. Aktifitas/kegiatan kerja ke-1

$$\text{Start of unit} - 1_i = 0$$

$$\text{Start of unit} - 1_i = D_i$$

$$\text{Start of unit} - N_i = \frac{(N - 1) \times D_i}{Ca_i}$$

- b. Aktifitas/kegiatan kerja selanjutnya

Kondisi dimana rate (Ra_i) aktifitas ≥ aktifitas sebelumnya

$$\text{Start of unit} - 1_i = \text{Finish of unit} - 1_{i-1} + \text{buffer time}$$

$$\text{Finish of unit} - 1_i = \text{Start of unit} - 1_i + D_i$$

$$\text{Start of unit} - N_i = \text{Start of unit} - 1_i + \frac{(N - 1) \times D_i}{Ca_i}$$

Kondisi dimana rate (Ra_i) aktifitas ≤ aktifitas sebelumnya

$$\text{Start of unit} - 1_i = \text{Finish of unit} - 1_{i-1} + \text{buffer time}$$

$$\text{Finish of unit} - 1_i = \text{Start of unit} - 1_i + D_i$$

$$\text{Start of unit} - N_i = \text{Finish of unit} - 1_i + \frac{(N - 1) \times D_i}{Ca_i}$$

$$\text{Finish of unit} - 1_i = \text{Start of unit} - 1_i + D_i$$

$$\text{Start of unit} - 1_i = \text{Start dari unit ke-1 dari aktivitas ke-i}$$

$$\text{Start of unit} - N_i = \text{Start dari unit ke-N dari aktivitas ke-i}$$

- $Finish\ of\ unit - 1_i = Finish$ dari unit ke-1 dari aktivitas ke-i
- $Finish\ of\ unit - 1_{i-1} = Finish$ dari unit ke-1 dari aktivitas sebelumnya
- $Finish\ of\ unit - N_i = Finish$ dari unit ke-N dari aktivitas ke-i
- $Finish\ of\ unit - N_{i-1} = Finish$ dari unit ke-N dari aktivitas sebelumnya

6. Langkah selanjutnya adalah menentukan jumlah kelompok/crew ideal guna memperoleh hasil yang optimal dan efektif, yaitu dengan cara menyamakan rate dari semua aktifitas dalam keseluruhan proyek.

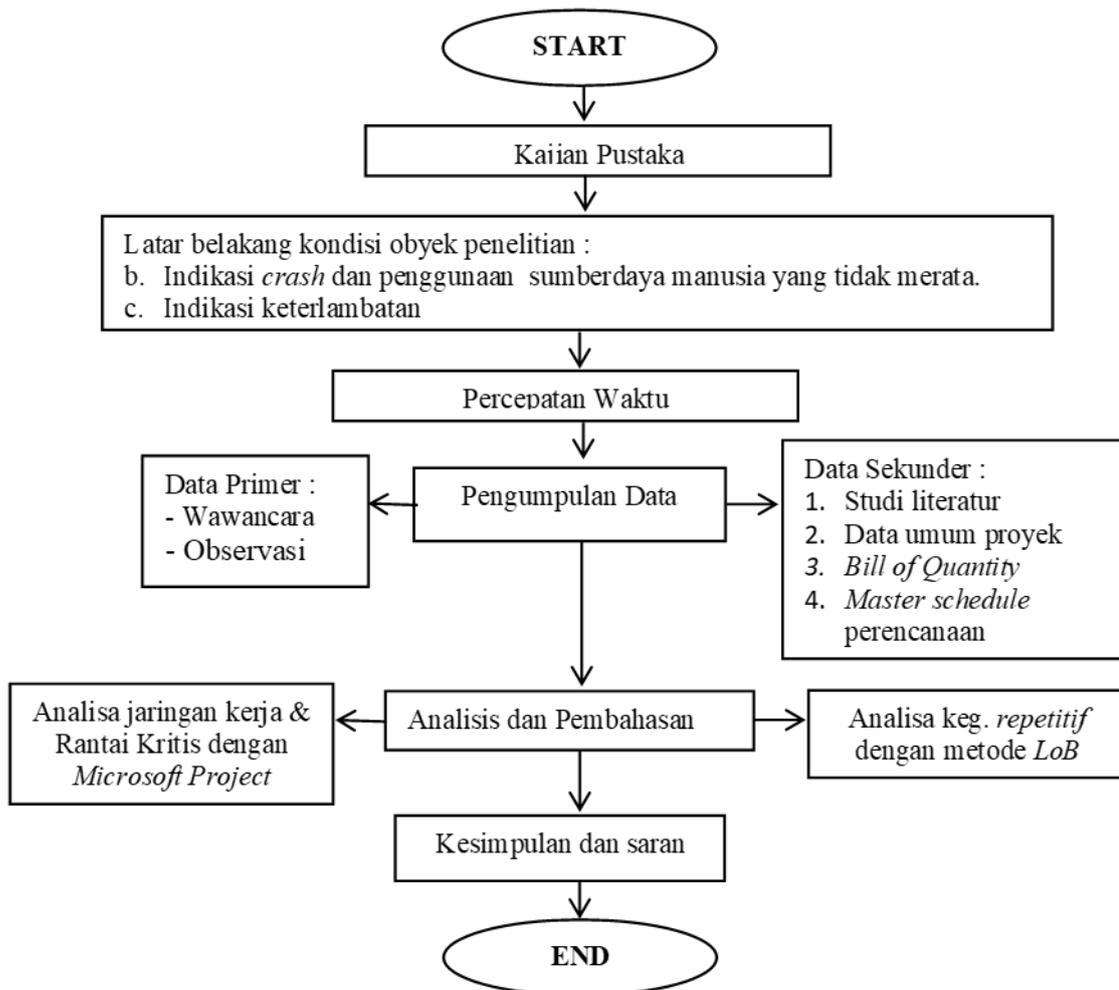
$$Ca_i = D_i \times Ra_i$$

Keterangan:

- D_i = Durasi
- Ca_i = Actual crews
- Ra_i = Actual rate

2. METODE PENELITIAN

Bagan Alir Tahap Penelitian



Gambar 2 Bagan Alir Penelitian

Data Umum Proyek

Penelitian mengambil obyek pada Proyek Pembangunan Tahap I Perumahan Bumi Podo Rukun yang berada di Desa Sumpersari Kecamatan Dau Kabupaten Malang. Penelitian ini dilakukan mulai tanggal pelaksanaan pembangunan konstruksi rumah dari 2 Januari 2019 sampai 7 Mei 2019. Penyelesaian pembangunan proyek perumahan itu sendiri direncanakan memiliki durasi selama 150 hari kalender.

Tinjauan Umum Penelitian

Prosedur penelitian pada tesis ini meliputi metode penelitian, instrument penelitian, prosedur pengumpulan data, serta teknik analisis data.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

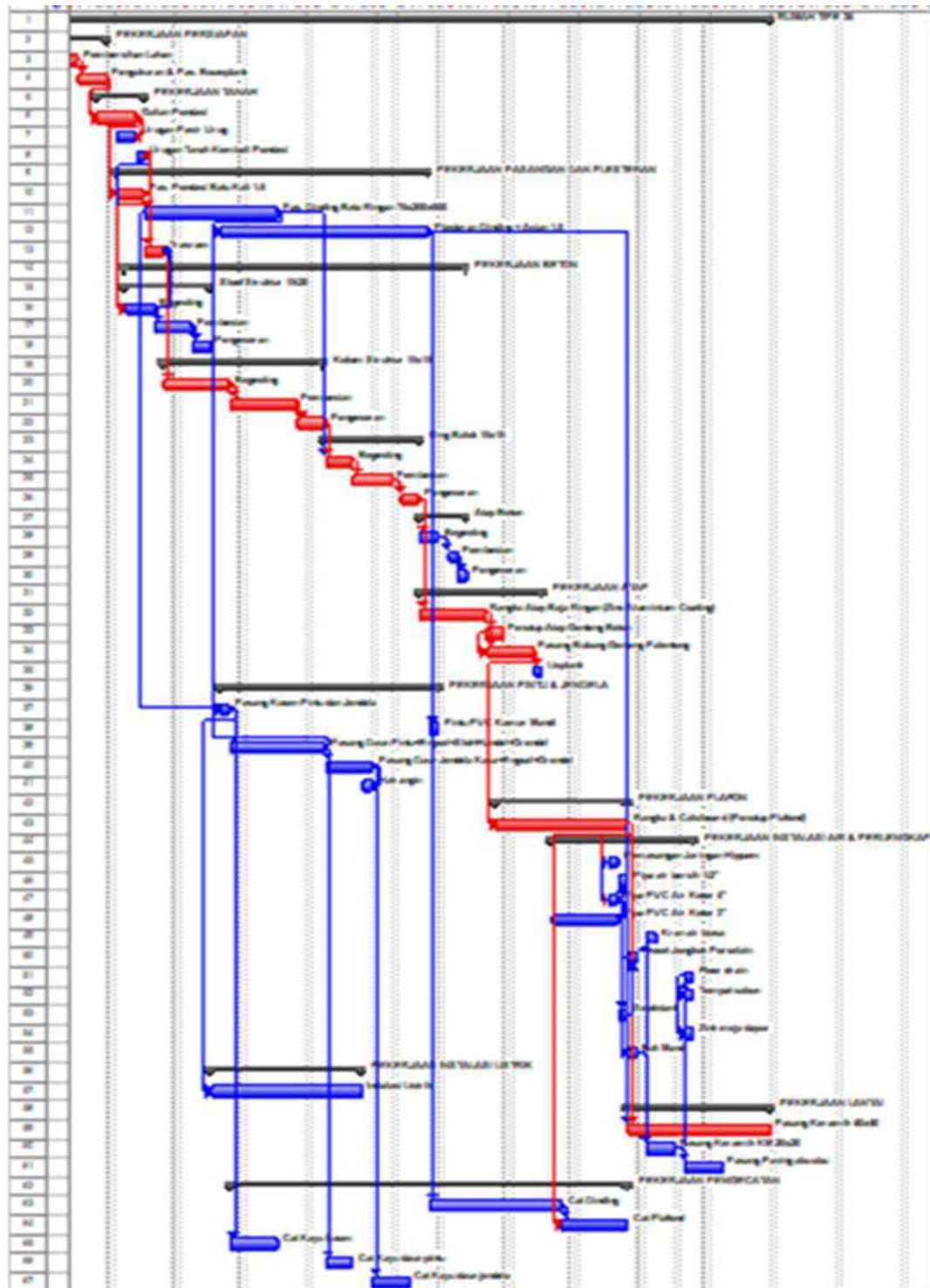
Penerapan Analisis dengan *Microsoft Project*

1. Menentukan durasi dan menyusun hubungan antarkegiatan

Tabel 1 Durasi dan Hubungan Antarkegiatan

ID	Task Name	Duration	Start	Finish	Predecessors
0	RUMAH TPE 34	62 days	Wed 1/2/19	Sat 3/16/19	
1	PEKERJAAN PERSIAPAN	4 days	Wed 1/2/19	Sat 1/6/19	
2	Pembersihan Lahan	1 day	Wed 1/2/19	Wed 1/2/19	
3	Pengukuran & Pas. Bouwplank	3 days	Thu 1/3/19	Sat 1/5/19	3
4	PEKERJAANTANAH	4 days	Sat 1/6/19	Wed 1/8/19	
5	Dalilan Pondasi	3 days	Sat 1/6/19	Tue 1/8/19	4FS-1 day
6	Urahan Pasir Urug	2 days	Mon 1/7/19	Tue 1/8/19	6FF
7	Urahan Tanah Kembali Pondasi	1 day	Wed 1/9/19	Wed 1/9/19	10FF
8	PEKERJAAN PASANGAN DAN PLESTER	25 days	Mon 1/7/19	Fri 2/8/19	
9	Pas. Pondasi Batu Kali 1:5	3 days	Mon 1/7/19	Wed 1/9/19	6FS-2 days
10	Pas. Dinding Batu Ringan 75x200x600	12 days	Thu 1/10/19	Wed 1/23/19	10,8
11	Plesteran Dinding = Acian 1:5	16 days	Fri 1/18/19	Fri 2/8/19	11FS-5 days, 21FS-15 days
12	Pasangan	2 days	Thu 1/10/19	Fri 1/11/19	16FF, 10
13	PEKERJAAN BETON	80 days	Tue 1/8/19	Tue 3/12/19	
14	Isolasi Struktur 1:2:20	8 days	Tue 1/8/19	Wed 1/16/19	
15	Boostering	3 days	Tue 1/8/19	Thu 1/10/19	8FS-3 days, 10FS-2 day
16	Pembesian	3 days	Fri 1/11/19	Mon 1/14/19	16
17	Pengecoran	2 days	Tue 1/15/19	Wed 1/16/19	17
18	Kaleng Struktur 1:1:1:6	14 days	Sat 1/12/19	Mon 1/28/19	
19	Boostering	6 days	Sat 1/12/19	Fri 1/18/19	13
20	Pembesian	6 days	Fri 1/18/19	Fri 1/25/19	20
21	Pengecoran	2 days	Sat 1/26/19	Mon 1/28/19	21
22	Ring Balok 16x14	8 days	Tue 1/29/19	Thu 2/7/19	
23	Boostering	3 days	Tue 1/29/19	Thu 1/31/19	11,22
24	Pembesian	3 days	Fri 2/1/19	Mon 2/4/19	24
25	Pengecoran	2 days	Wed 2/6/19	Thu 2/7/19	25
26	Abap Beton	4 days	Fri 2/8/19	Tue 2/12/19	
27	Boostering	1 day	Fri 2/8/19	Sat 2/9/19	26
28	Pembesian	1 day	Mon 2/11/19	Mon 2/11/19	28
29	Pengecoran	1 day	Tue 2/12/19	Tue 2/12/19	29
30	PEKERJAAN ATAP	11 days	Fri 2/8/19	Wed 2/20/19	
31	Ringkuk Atap Baja Ringan (Zinc-Alumini)	6 days	Fri 2/8/19	Thu 2/14/19	26
32	Pemasangan Genteng Beton	2 days	Thu 2/14/19	Sat 2/16/19	32
33	Pemasangan Genteng Palentong	4 days	Thu 2/14/19	Tue 2/19/19	32,33,35
34	Urahan	1 day	Wed 2/20/19	Wed 2/20/19	34
35	PEKERJAAN PINTU & JENDELA	16 days	Fri 1/18/19	Sat 2/9/19	
36	Pasang Kusen Pintu dan Jendela	1 day	Fri 1/18/19	Fri 1/18/19	11SS+7 days
37	Pintu PVC Kamar Mandi	1 day	Sat 2/9/19	Sat 2/9/19	12
38	Pasang Daun Pintu+Engsel+Stor+Hand	6 days	Sat 1/19/19	Mon 1/28/19	37
39	Pasang Daun Jendela Kaca+Engsel+G	5 days	Mon 1/28/19	Sat 2/2/19	39
40	Halangan	1 day	Sat 2/2/19	Sat 2/2/19	40FF
41	PEKERJAAN PLAFON	12 days	Sat 2/16/19	Fri 3/1/19	
42	Ringkuk & Catibeam (Pemas. Platond	12 days	Sat 2/16/19	Fri 3/1/19	34FS-3 days
43	PEKERJAAN INSTALASI AIR & PERLENGKAP	12 days	Fri 2/22/19	Fri 3/8/19	
44	Pemasangan Jalinan Hidroam	1 day	Thu 2/28/19	Thu 2/28/19	47SS
45	Pipa air bersih 1/2"	1 day	Fri 3/1/19	Fri 3/1/19	48
46	Pipa PVC Air kotor 4"	1 day	Thu 2/28/19	Thu 2/28/19	43FS-2 days
47	Pipa PVC Air kotor 3"	6 days	Fri 2/22/19	Thu 2/28/19	47FF
48	Kran air biasa	1 day	Mon 3/4/19	Mon 3/4/19	55
49	Kispet Jangkok Pondasi	1 day	Sat 3/2/19	Sat 3/2/19	53
50	Roorasin	1 day	Fri 3/8/19	Fri 3/8/19	60
51	Tempat sabun	1 day	Fri 3/8/19	Fri 3/8/19	51SS
52	Seoetank	1 day	Fri 3/1/19	Fri 3/1/19	48
53	Zirk meja dapur	1 day	Fri 3/8/19	Fri 3/8/19	62SS
54	Bak Mandi	1 day	Sat 3/2/19	Sat 3/2/19	50SS
55	PEKERJAAN INSTALASI LISTRIK	14 days	Thu 1/17/19	Fri 2/1/19	
56	Instalasi Listrik	14 days	Thu 1/17/19	Fri 2/1/19	37FS-2 days
57	PEKERJAAN LANTAI	12 days	Sat 3/2/19	Sat 3/16/19	
58	Pasang Keramik 40x40	12 days	Sat 3/2/19	Sat 3/16/19	12FS-14 days, 43
59	Pasang Keramik KM 20x20	3 days	Mon 3/4/19	Wed 3/6/19	55
60	Pasang Paving abu-abu	3 days	Fri 3/8/19	Mon 3/11/19	60
61	PEKERJAAN PENDECATAN	26 days	Sat 1/18/19	Fri 3/1/19	
62	Cat Dinding	12 days	Sat 2/9/19	Fri 2/22/19	12
63	Cat Platond	6 days	Sat 2/23/19	Fri 3/1/19	63,41FS-7 days
64	Cat Kayu Kusen	4 days	Sat 1/19/19	Wed 1/23/19	37
65	Cat Kayu daun pintu	3 days	Tue 1/29/19	Thu 1/31/19	39
66	Cat Kayu daun jendela	2 days	Sat 2/2/19	Wed 2/6/19	40

2. Menentukan besaran biaya pelaksanaan
3. Menentukan lintasan kritis dan *network diagram*



Gambar 3 Lintasan Kritis dan *Network Diagram*

4. Menentukan waktu *start* dan *finish* kegiatan serta *slack/float*

Tabel 2 *Start dan Finish Kegiatan serta Slack/Float*

ID	Task Name	Start	Finish	Late Start	Late Finish	Free Slack	Total Slack
1	RUMAH TIPE 38	Wed 02/01/19	Sat 18/03/19	Wed 02/01/19	Sat 18/03/19	0 days	0 days
2	PEKERJAAN PERSIAPAN	Wed 02/01/19	Sat 06/01/19	Wed 02/01/19	Sat 06/01/19	0 days	0 days
3	Pembersihan Lahan	Wed 02/01/19	Wed 02/01/19	Wed 02/01/19	Wed 02/01/19	0 days	0 days
4	Perukuran & Pas. Bow	Thu 03/01/19	Sat 05/01/19	Thu 03/01/19	Sat 05/01/19	0 days	0 days
5	PEKERJAAN TANAH	Sat 06/01/19	Wed 08/01/19	Sat 06/01/19	Sat 18/03/19	0 days	0 days
6	Galian Pondasi	Sat 06/01/19	Tue 08/01/19	Sat 06/01/19	Tue 08/01/19	0 days	0 days
7	Utugan Pasir Utug	Mon 07/01/19	Tue 08/01/19	Fri 15/03/19	Sat 16/03/19	56 days	56 days
8	Utugan Tanah Kembali P	Wed 09/01/19	Wed 09/01/19	Fri 11/01/19	Fri 11/01/19	0 days	2 days
9	PEKERJAAN PA BANGUNAN DAS	Mon 07/01/19	Fri 08/02/19	Mon 07/01/19	Fri 22/02/19	0 days	0 days
10	Pas. Pondasi Batu Kali 1	Mon 07/01/19	Wed 09/01/19	Mon 07/01/19	Wed 09/01/19	0 days	0 days
11	Pas. Dinding Bata Ringa	Thu 10/01/19	Wed 23/01/19	Tue 15/01/19	Mon 28/01/19	0 days	4 days
12	Plesteran Dinding + Acia	Fri 18/01/19	Fri 08/02/19	Fri 01/02/19	Fri 22/02/19	0 days	12 days
13	Trasram	Thu 10/01/19	Fri 11/01/19	Thu 10/01/19	Fri 11/01/19	0 days	0 days
14	PEKERJAAN BETON	Tue 08/01/19	Tue 12/02/19	Wed 08/01/19	Sat 18/03/19	1 day	1 day
15	Sloof Struktur 15x20	Tue 08/01/19	Wed 18/01/19	Wed 08/01/19	Sat 18/03/19	1 day	1 day
16	Bogesting	Tue 08/01/19	Thu 10/01/19	Wed 09/01/19	Fri 11/01/19	0 days	1 day
17	Pembesian	Fri 11/01/19	Mon 14/01/19	Tue 12/03/19	Thu 14/03/19	0 days	49 days
18	Pengecoran	Tue 15/01/19	Wed 16/01/19	Fri 15/03/19	Sat 16/03/19	49 days	49 days
19	Kolom Struktur 15x15	Sat 12/01/19	Mon 28/01/19	Sat 12/01/19	Mon 28/01/19	0 days	0 days
20	Bogesting	Sat 12/01/19	Fri 18/01/19	Sat 12/01/19	Fri 18/01/19	0 days	0 days
21	Pembesian	Fri 18/01/19	Fri 25/01/19	Sat 19/01/19	Sat 26/01/19	0 days	0 days
22	Pengecoran	Sat 26/01/19	Mon 28/01/19	Sat 26/01/19	Mon 28/01/19	0 days	0 days
23	Ring Balok 15x15	Tue 29/01/19	Thu 07/02/19	Tue 29/01/19	Thu 07/02/19	0 days	0 days
24	Bogesting	Tue 29/01/19	Thu 31/01/19	Tue 29/01/19	Thu 31/01/19	0 days	0 days
25	Pembesian	Fri 01/02/19	Mon 04/02/19	Fri 01/02/19	Mon 04/02/19	0 days	0 days
26	Pengecoran	Wed 06/02/19	Thu 07/02/19	Wed 06/02/19	Thu 07/02/19	0 days	0 days
27	Atap Beton	Fri 08/02/19	Tue 12/02/19	Wed 13/03/19	Sat 18/03/19	27 days	27 days
28	Bogesting	Fri 08/02/19	Sat 09/02/19	Wed 13/03/19	Thu 14/03/19	0 days	27 days
29	Pembesian	Mon 11/02/19	Mon 11/02/19	Fri 15/03/19	Fri 15/03/19	0 days	27 days
30	Pengecoran	Tue 12/02/19	Tue 12/02/19	Sat 16/03/19	Sat 16/03/19	27 days	27 days
31	PEKERJAAN ATAP	Fri 08/02/19	Wed 20/02/19	Fri 08/02/19	Sat 18/03/19	0 days	0 days
32	Rangka Atap Baja Ringa	Fri 08/02/19	Thu 14/02/19	Fri 08/02/19	Thu 14/02/19	0 days	0 days
33	Penutup Atap Genteng B	Thu 14/02/19	Sat 16/02/19	Fri 15/02/19	Sat 16/02/19	0 days	0 days
34	Pasang Bubung Genteng	Thu 14/02/19	Tue 19/02/19	Fri 15/02/19	Tue 19/02/19	0 days	0 days
35	Lisplank	Wed 20/02/19	Wed 20/02/19	Sat 16/03/19	Sat 16/03/19	20 days	20 days
36	PEKERJAAN PINTU & JENDELA	Fri 18/01/19	Sat 09/02/19	Sat 09/02/19	Sat 18/03/19	18 days	18 days
37	Pasang Kusen Pintu dan	Fri 18/01/19	Fri 18/01/19	Sat 09/02/19	Sat 09/02/19	0 days	18 days
38	Pintu PVC Kamar Mandi	Sat 09/02/19	Sat 09/02/19	Sat 16/03/19	Sat 16/03/19	29 days	29 days
39	Pasang Daun Pintu+Eng	Sat 19/01/19	Mon 28/01/19	Mon 11/02/19	Tue 19/02/19	0 days	18 days
40	Pasang Daun Jendela Ki	Mon 28/01/19	Sat 02/02/19	Sat 09/03/19	Fri 15/03/19	0 days	32 days
41	Hak angin	Sat 02/02/19	Sat 02/02/19	Sat 16/03/19	Sat 16/03/19	34 days	34 days
42	PEKERJAAN PLAFON	Sat 16/02/19	Fri 01/03/19	Sat 18/02/19	Sat 02/03/19	0 days	0 days
43	Rangka & Calsiboard (Pa	Sat 16/02/19	Fri 01/03/19	Sat 16/02/19	Sat 02/03/19	0 days	0 days
44	PEKERJAAN INSTALASI AIR	Fri 22/02/19	Fri 08/03/19	Thu 28/02/19	Sat 18/03/19	6 days	6 days
45	Pemasangan Jaringan H	Thu 28/02/19	Thu 28/02/19	Sat 16/03/19	Sat 16/03/19	13 days	13 days
46	Pipa air bersih 1/2"	Fri 01/03/19	Fri 01/03/19	Sat 16/03/19	Sat 16/03/19	12 days	12 days
47	Pipa PVC Air Kotor 4"	Thu 28/02/19	Thu 28/02/19	Wed 06/03/19	Wed 06/03/19	0 days	5 days
48	Pipa PVC Air Kotor 3"	Fri 22/02/19	Thu 28/02/19	Thu 28/02/19	Wed 06/03/19	0 days	5 days
49	Kran air biasa	Mon 04/03/19	Mon 04/03/19	Sat 16/03/19	Sat 16/03/19	10 days	10 days
50	Kloset Jongkok Porselali	Sat 02/03/19	Sat 02/03/19	Sat 09/03/19	Sat 09/03/19	0 days	5 days
51	Floor drain	Fri 08/03/19	Fri 08/03/19	Sat 16/03/19	Sat 16/03/19	0 days	7 days
52	Tempat sabun	Fri 08/03/19	Fri 08/03/19	Sat 16/03/19	Sat 16/03/19	0 days	7 days
53	Septictank	Fri 01/03/19	Fri 01/03/19	Fri 08/03/19	Fri 08/03/19	0 days	5 days
54	Zink meja dapur	Fri 08/03/19	Fri 08/03/19	Sat 16/03/19	Sat 16/03/19	7 days	7 days
55	Bak Mandi	Sat 02/03/19	Sat 02/03/19	Sat 09/03/19	Sat 09/03/19	0 days	5 days
56	PEKERJAAN INSTALASI LISTRIK	Thu 17/01/19	Fri 01/02/19	Thu 28/02/19	Sat 18/03/19	35 days	35 days
57	Instalasi Listrik	Thu 17/01/19	Fri 01/02/19	Thu 28/02/19	Sat 16/03/19	35 days	35 days
58	PEKERJAAN LANTAI	Sat 02/03/19	Sat 18/03/19	Sat 02/03/19	Sat 18/03/19	0 days	0 days
59	Pasang Keramik 40x40	Sat 02/03/19	Sat 16/03/19	Sat 02/03/19	Sat 16/03/19	0 days	0 days
60	Pasang Keramik KM 20x	Mon 04/03/19	Wed 06/03/19	Mon 11/03/19	Wed 13/03/19	0 days	5 days
61	Pasang Paving abu-abu	Fri 08/03/19	Mon 11/03/19	Thu 14/03/19	Sat 16/03/19	5 days	5 days
62	PEKERJAAN PENGECATAN	Sat 18/01/19	Fri 01/03/19	Sat 23/02/19	Sat 18/03/19	12 days	12 days
63	Cat Dinding	Sat 09/02/19	Fri 22/02/19	Sat 23/02/19	Sat 09/03/19	0 days	12 days
64	Cat Plafond	Sat 23/02/19	Fri 01/03/19	Mon 11/03/19	Sat 16/03/19	12 days	12 days
65	Cat Kayu kusen	Sat 19/01/19	Wed 23/01/19	Wed 13/03/19	Sat 16/03/19	43 days	43 days
66	Cat Kayu daun pintu	Tue 29/01/19	Thu 31/01/19	Thu 14/03/19	Sat 16/03/19	36 days	36 days
67	Cat Kayu daun jendela	Sat 02/02/19	Wed 06/02/19	Fri 15/03/19	Sat 16/03/19	32 days	32 days

Penerapan Analisis dengan Metode LoB

1. Analisis *crashing* melalui penambahan *buffer*
 - Menambahkan *buffer time*
 - Menghitung *rate* (kecepatan produksi) dan jumlah kelompok kerja minimal yang dibutuhkan

Tabel 3 *Rate* (Kecepatan Produksi) dan Jumlah Kelompok Kerja Minimal yang Dibutuhkan

No	Kode Aktivitas	Nama Kegiatan	Durasi Total Unit	Durasi Per Unit	Total Float	Jumlah Unit	Total Waktu Pelaksan	Buffer Time	Desire Rate	Required Crews	Required Crews/	Actual Crew	Actual Crew/ Unit
1	A	Pekerjaan Persiapan	4	4	0	85	176	0	0,771	3,083	3,083	4	4
2	B	Pekerjaan Tanah	4	2	0	85	176	1	0,771	3,083	1,541	4	2
3	C	Pekerjaan Pasangan dan Plesteran	28	9	0	85	176	1	0,771	21,578	6,936	22	7
4	D	Pekerjaan Beton	30	10	1	85	176	1	0,764	22,909	7,636	24	8
5	E	Pekerjaan Atap	11	4	0	85	176	1	0,771	8,477	3,083	9	4
6	F	Pekerjaan Pintu Jendela	19	6	18	85	176	1	0,661	12,567	3,969	14	5
7	G	Pekerjaan Plafon	12	4	0	85	176	1	0,771	9,248	3,083	10	4
8	H	Pekerjaan Instalasi Air & Perlengkapannya	12	4	5	85	176	1	0,737	8,842	2,947	9	3
9	I	Pekerjaan Instalasi Listrik	14	5	35	85	176	1	0,583	8,067	2,917	9	4
10	J	Pekerjaan Pasang Lantai	12	4	0	85	176	1	0,771	9,248	3,083	10	4
11	K	Pekerjaan <i>Finishing</i> Cat	30	10	12	85	176	1	0,694	20,826	6,942	21	7
Jumlah			176	62	71			10				136	52

- Menghitung kecepatan produksi dalam grup tersebut dalam menyelesaikan setiap aktivitas pada keseluruhan kegiatan proyek

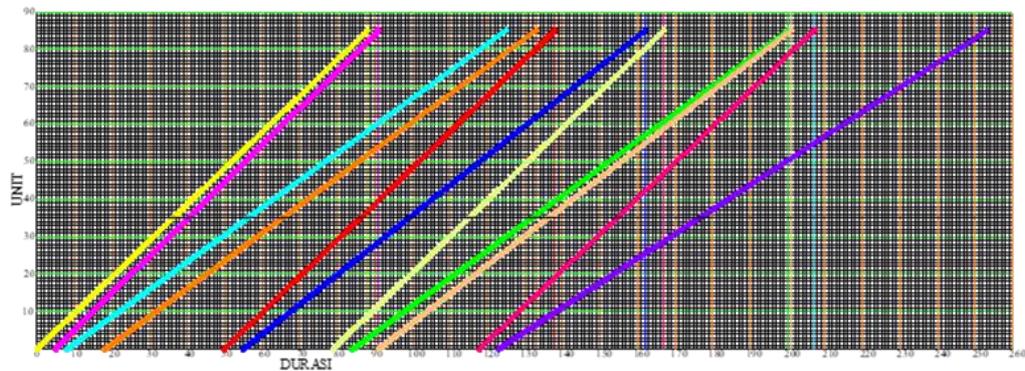
Tabel 4 Kecepatan Produksi dalam Grup Tersebut dalam Menyelesaikan Setiap Aktivitas pada Keseluruhan Kegiatan Proyek

No	Kode Aktivitas	Nama Kegiatan	Durasi Total Unit	Durasi Per Unit	Desire Rate	Required Crews	Required Crews/ Unit	Actual Crew	Actual Crew/ Unit	Actual Rate	Actual Rate/ Unit
			Di	Di (Unit)	$Ri = (N-1) / (Tn - T1 + Tfi)$	$Ci = (Di \times Ri)$	$Ci = (Di \times Ri)$	$Cai = RoundUp(Ci)$	$Cai = RoundUp(Ci)$	$Rai = Cai / Di$	$Rai = Cai / Di$
1	A	Pekerjaan Persiapan	4	4	0,771	3,083	3,083	4	4	1	1
2	B	Pekerjaan Tanah	4	2	0,771	3,083	1,541	4	2	1	1
3	C	Pekerjaan Pasangan dan Plesteran	28	9	0,771	21,578	6,936	22	7	0,8	0,8
4	D	Pekerjaan Beton	30	10	0,764	22,909	7,636	24	8	0,8	0,8
5	E	Pekerjaan Atap	11	4	0,771	8,477	3,083	9	4	0,8	1
6	F	Pekerjaan Pintu Jendela	19	6	0,661	12,567	3,969	14	5	0,7	0,8
7	G	Pekerjaan Plafon	12	4	0,771	9,248	3,083	10	4	0,8	1
8	H	Pekerjaan Instalasi Air & Perlengkapannya	12	4	0,737	8,842	2,947	9	3	0,8	0,8
9	I	Pekerjaan Instalasi Listrik	14	5	0,583	8,067	2,917	9	4	0,6	0,8
10	J	Pekerjaan Pasang Lantai	12	4	0,771	9,248	3,083	10	4	0,8	1
11	K	Pekerjaan <i>Finishing</i> Cat	30	10	0,694	20,826	6,942	21	7	0,7	0,7
Jumlah			176	62				136	52		

- Menghitung posisi start dan finish dari masing-masing aktivitas/kegiatan kerja dari unit rumah ke-1 sampai unit rumah ke-85

Tabel 5 Posisi *Start* dan *Finish* dari Masing-Masing Aktivitas/Kegiatan Kerja dari Unit Rumah Ke-1 sampai Unit Rumah Ke-85

Aktivitas	Unit Durasi		Actual Crew Cai	Start Unit ke-1	Finish Unit ke-1	Start Unit ke-85	Finish Unit ke- 85	Aktifitas Sebelumnya
	N	Di						
A	85	4	4	0	4	84	88	-
B	85	2	2	5	7	89	91	A
C	85	9	7	8	17	116	125	B
D	85	10	8	18	28	123	133	C
E	85	4	4	50	54	134	138	D
F	85	6	5	55	61	156	162	D,E
G	85	4	4	79	83	163	167	E
H	85	4	3	84	88	496	200	G
I	85	5	4	91	96	196	201	G
J	85	4	4	118	122	202	206	F
K	85	10	7	123	133	243	253	I



Gambar 4 Diagram LoB Hasil Analisis *Crashing* dengan Penambahan *Buffer*

- Analisis *crashing* melalui penambahan *buffer* dan perataan kecepatan produktivitas

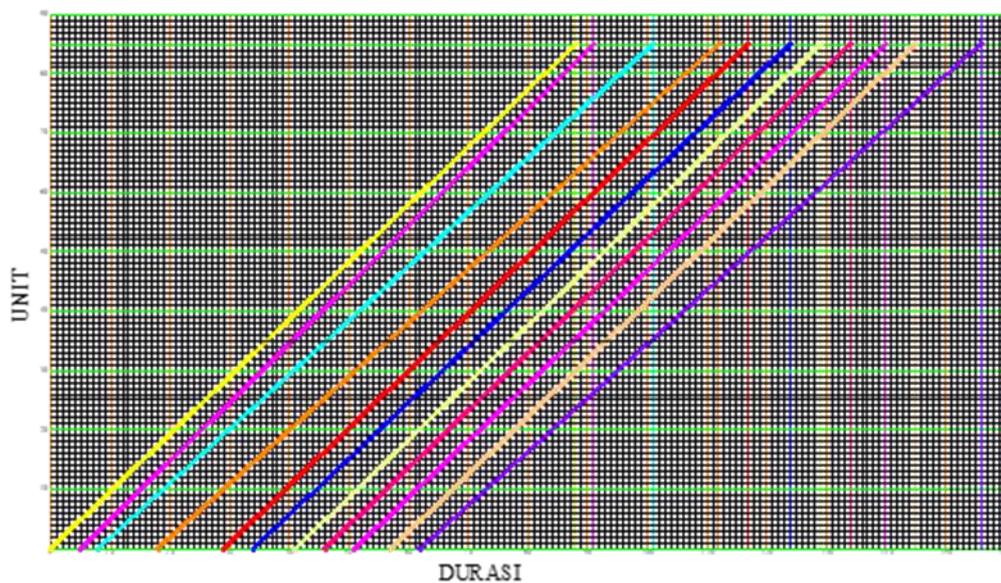
Tabel 6 Rate/Kecepatan Produksi

Kode Aktivitas	Nama Kegiatan	Durasi Total	Actual Crew/Unit	Actual Rate/Unit
		Di (Unit)	Cai=Roun dUp(Ci)	Rai=Cai /Di
A	Pekerjaan Persiapan	4	4	1
B	Pekerjaan Tanah	2	2	1
C	Pekerjaan Pasangan dan Plesteran	9	7	0,8
D	Pekerjaan Beton	10	8	0,8
E	Pekerjaan Atap	4	4	1
F	Pekerjaan Pintu Jendela	6	5	0,8
G	Pekerjaan Plafon	4	4	1
H	Pekerjaan Instalasi Air & Perlengkapannya	4	3	0,8
I	Pekerjaan Instalasi Listrik	5	4	0,8
J	Pekerjaan Pasang Lantai	4	4	1
K	Pekerjaan <i>Finishing</i> Cat	10	7	0,7

Angka *rate* yang diambil adalah 1, maka untuk aktivitas lain yang berada dibawah angka 1 harus disamakan. Adapun aktivitas yang memiliki *rate* berbeda adalah aktivitas C, D, F, H, I dan K. Untuk memperoleh nilai *rate* = 1, jumlah *crew* pada aktivitas tersebut harus dirubah. Contoh pada aktivitas C, $C_a = D \times R_a = 9 \times 1 = 9$. Maka, dengan menjumlah *crew* dan aktivitas C dari 7 menjadi 9.

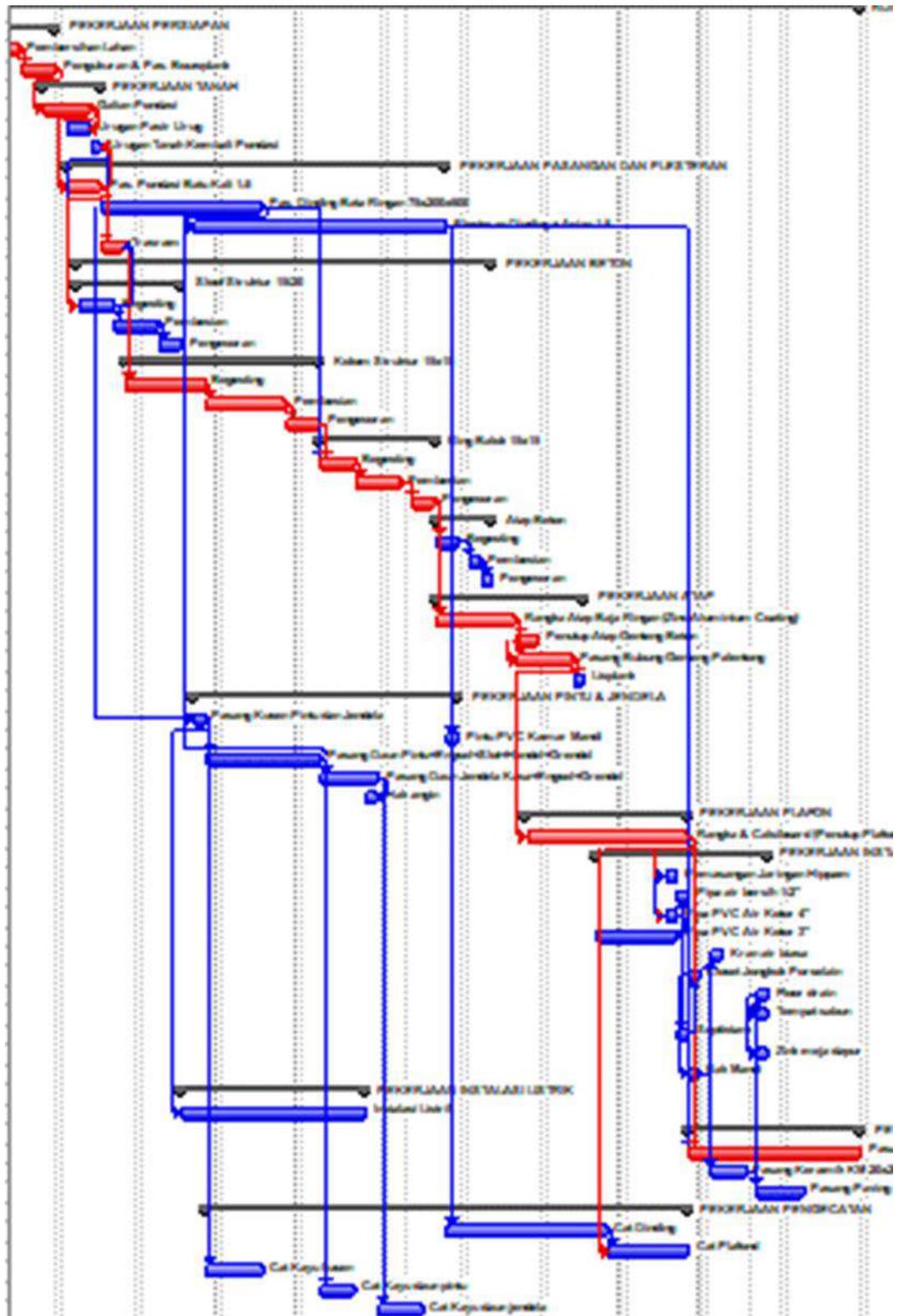
Tabel 7 Perhitungan Posisi *Start* dan *Finish* dengan Perataan Kecepatan Produktivitas

Aktivitas	Unit Durasi		Actual Crew Cai	Start Unit ke- 1	Finish Unit ke- 1	Start Unit ke- 85	Finish Unit ke- 85	Aktifitas Sebelumnya
	N	Di						
A	85	4	4	0	4	84	88	-
B	85	2	2	5	7	89	91	A
C	85	9	9	8	17	92	101	B
D	85	10	10	18	28	102	112	C
E	85	4	4	29	33	113	117	D
F	85	6	6	34	40	118	124	D,E
G	85	4	4	41	45	125	129	E
H	85	4	4	45	50	130	134	G
I	85	5	5	51	56	135	140	G
J	85	4	4	57	61	141	145	F
K	85	10	10	62	72	146	156	I



Gambar 5 Diagram LoB Hasil Analisis *Crashing* dengan Penambahan *Buffer* dan Perataan Kecepatan Produktivitas

- Analisis *crashing* melalui penambahan *buffer*, perataan kecepatan produktivitas, dan percepatan durasi kegiatan



Gambar 6 Sebelum Percepatan Durasi Kegiatan

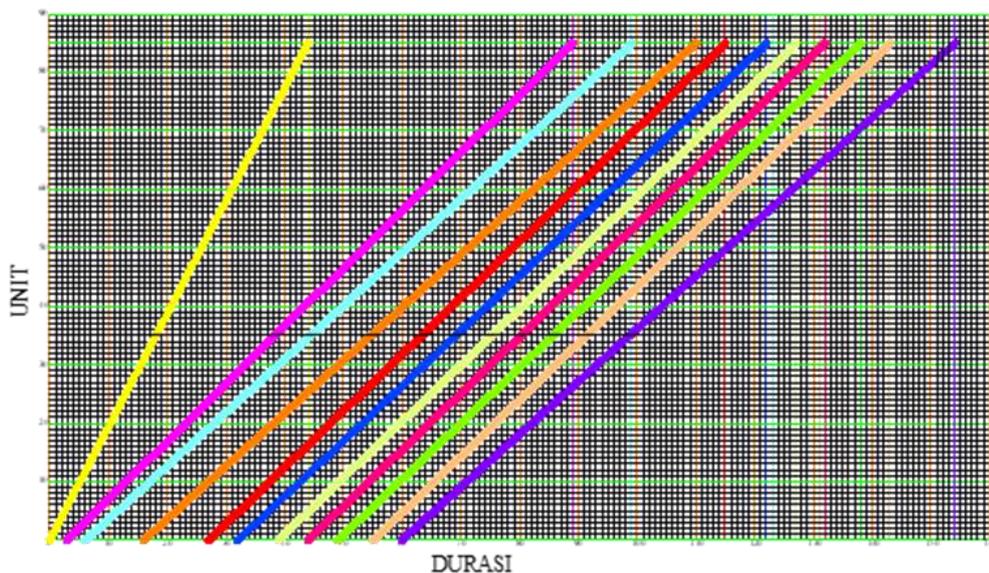
Pada gambar tidak tampak adanya penambahan lintasan kritis baru setelah dilakukan percepatan pada pek. persiapan kegiatan pengukuran & bouwplank.

Tabel 8 Perhitungan Posisi *Start* dan *Finish* dengan Penambahan *Buffer*, Perataan Kecepatan Produktivitas, serta Percepatan Durasi Waktu Kegiatan

Aktivitas	Unit Durasi		Actual Crew	Start Unit ke-	Finish Unit ke-	Start Unit ke-	Finish Unit ke-	Aktifitas Sebelum
	N	Di						
A	85	2	4	0	2	42	44	-
B	85	2	2	3	5	87	89	A
C	85	9	9	6	15	90	99	B
D	85	10	10	16	26	100	110	C
E	85	4	4	27	31	111	115	D
F	85	6	6	32	38	116	122	D,E
G	85	4	4	39	43	123	127	E
H	85	4	4	44	48	128	132	G
I	85	5	5	49	54	133	138	G
J	85	4	4	55	59	139	143	F
K	85	10	10	60	70	144	154	I

60

Lintasan kritis
 Percepatan pada lintasan kritis



Gambar 8 Diagram LOB Hasil Analisis *Crashing* dengan Penambahan *Buffer*, Perataan Kecepatan Produktivitas, dan Percepatan Durasi Kegiatan

4. KESIMPULAN

Kesimpulan

1. Durasi *crashin project* melalui analisis:
 - a. Penambahan *buffer* membutuhkan waktu selama 253 hari untuk menyelesaikan proyek

- b. Penambahan *buffer* dengan perataan kecepatan produktivitas membutuhkan waktu selama 156 hari untuk menyelesaikan proyek
 - c. Penambahan *buffer* dengan perataan kecepatan produktivitas, dan percepatan durasi waktu kegiatan membutuhkan waktu selama 154 hari untuk menyelesaikan proyek
2. Dari hasil 3 analisis diatas diketahui bahwa penambahan *buffer* dengan perataan kecepatan produktivitas, dan percepatan durasi waktu kegiatan lebih efektif untuk mempercepat waktu pelaksanaan proyek.

Saran

Penelitian yang dilakukan saat ini masih terbatas pada analisis waktu, sehingga diharapkan untuk penelitian selanjutnya dapat membahas penerapan metode LoB terhadap efisiensi besaran biaya proyek. Perhitungan analisis metode LoB dari data angka kedalam bentuk diagram masih menggunakan cara manual, diharapkan peneliti selanjutnya dapat menemukan *software* khusus yang mampu memasukkan data-data yang secara otomatis langsung menghasilkan diagram LoB.

REFERENSI

- Bautz, Kevin. 2016. Kevin Bautz. Triple Constraint : Fast, Good, Cheap (Speed, High Quality, Low Cost). <http://hm-ec.com/blog/>
- Soeharto I, Iman. 1998. Manajemen Proyek Dari Konseptual Sampai Operasional. Konsep, Studi Kelayakan, dan Jaringan Kerja Jakarta: Erlangga.
- Frederika, Ariany. Analisis Percepatan dengan menambah Jam Kerja Optimum Pada Proyek Konstruksi (Studi kasus: Proyek Pembangunan Super Villa, Peti Tenget-Bandung). Jurnal Ilmiah Teknik Sipil, [S.I.], nov. 2012. ISSN 2541-5484. Available at: <https://ojs.unud.ac.id/index.php/jits/article/view/3653>>. Date accessed 29 June 2019.
- Triana, D., 2004, Analisis Metode Crashing Dalam Perencanaan Waktu dan Biaya Proyek Konstruksi (Studi Kasus Proyek Pembangunan Jembatan Pasir Keranji Indragiri Hulu), Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.
- Ervianto, Wulfram I. 2002. Manajemen Proyek Konstruksi. Andi: Yogyakarta.
- Muchdarsyah Sinungan, 1992. Produktivitas, apa dan bagaimana. Bumi Aksara. Jakarta.
- Kusrianto, Adi. 2008. Panduan lengkap memakai Microsoft Project 2007. Jakarta: PT. Elex Media Komputindo.
- Lockyer, Keith. Muhlemann, Alan dan Oakland, John. 1994. Manajemen Produksi dan Operasi. Edisi ke lima. Jakarta : Elex Media Komputindo.
- Mawdesley, M.J., Askew, W.H., O'Reilly, M., 1997. Planning and Controlling Construction Project, The Chartered Institute of Building, England.
- Harris, Robert B and Ioannou. 1998, Repetitive Scheduling Project, Report N0.98 Civil and Environmental Engineering Department University of Michigan.

- Uher, T.E., 1996. Programming and Scheduling Techniques. Constuction Project Management and Economic Unit, School of Building, University of New South Wales, Australia.
- Callahan, M.T., D.G. Quackenbush, and J.E.Rowings. 1992. Construction Project Scheduling. Singapore: McGraw-Hill.
- Setiawan, Antonius F., 2008. Smart Project Plan with Microsoft Office Project 2007. PC. Media. Jakarta.
- Wahana Komputer, 2008. Pengelolaan Proyek dengan Microsoft Office Project 2007, Penerbit Andi, Yogyakarta.
- Heizer, Jay dan Barry Render, 2005, Operations Management, Edisi 7, Penerjemah: Dwianoegrahwati S dan Indra Almahdy, Jakarta: Salemba Empat.
- Su, Y., Lucko, G., 2015. Comparison and Renaissance of Classic Line-of-Balance and Linear Schedule Concept for Construction Industry, DOI 10.5592 Reseach Paper 1315-1329.
- Pai, S.K., Verguese, P., Rai, S., 2013. Application of Line of Balance Scheduling Technique (LOBST) for Real Estate Sector, International Jurnal of Science, Engineering and Technology Reseach (IJSETR) Volume 2, Issue 1, 82-95.